

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Juli 2005 (07.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/062343 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01J 61/073**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002704

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Dezember 2004 (08.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 60 545.2 22. Dezember 2003 (22.12.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **PATENT-TREUHAND- GESELLSCHAFT FÜR
ELEKTRISCHE GLÜHLAMPEN MBH** [DE/DE];
Hellabrunner Str. 1, 81543 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HÜTTINGER, Roland**
[DE/DE]; Meisenweg 11, 86916 Kaufering (DE). **KLOSS,
Andreas** [DE/DE]; Fasanenstr. 22, 82008 Unterhaching
(DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **PATENT-TREUHAND-
GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE GLÜH-
LAMPEN MBH**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

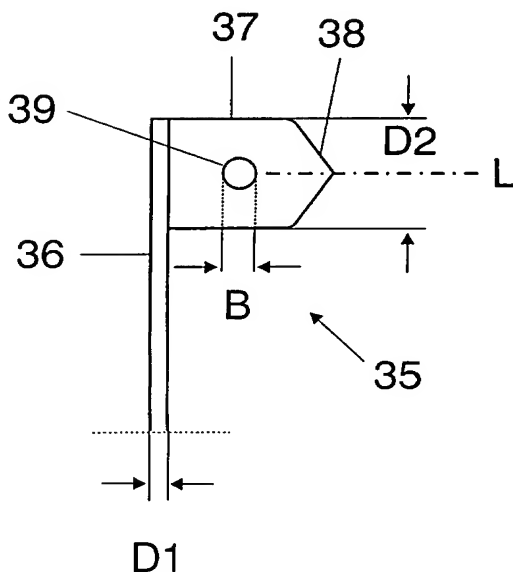
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: ELECTRODE FOR A HIGH PRESSURE DISCHARGE LAMP

(54) Bezeichnung: ELEKTRODE FÜR EINE HOCHDRUCKENTLADUNGSLAMPE



(57) Abstract: The invention relates to an electrode (35) for discharge
lamps containing a metallic vapour. Said electrode consists of a high
melting, electroconductive material, preferably wolfram or a material
predominantly containing wolfram. The inventive electrode comprises a
shaft (36) provided with a rod-type head part (37) defining a longitudinal
axis L. At least one borehole (39) is arranged in the region of the head
part (37), essentially transversally to the longitudinal axis, especially at
an angle of between 60 and 90°.

(57) Zusammenfassung: Eine Elektrode (35) für metaldampfhaltige
Entladungslampen besteht aus hochschmelzendem, elektrisch
leitendem Material, bevorzugt aus Wolfram oder einem Material, das
Wolfram überwiegend enthält; sie besteht aus einem Schaft (36) mit
einem stiftförmigen Kopfteil (37), der eine Längsachse L definiert,
wobei im Bereich des Kopfteils (37) mindestens eine Bohrung (39) im
wesentlichen quer zur Längsachse, insbesondere in einem Winkel von
60 bis 90° zur Längsachse, angeordnet ist.

WO 2005/062343 A2

Titel: Elektrode für eine Hochdruckentladungslampe

Technisches Gebiet

Die Erfindung geht aus von einer Elektrode für eine Hochdruckentladungslampe mit Metalldampffüllung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es handelt sich dabei insbesondere um Elektroden für Hochdruckentladungslampen, die Quecksilber und/oder Natrium enthalten, insbesondere um Natriumhochdrucklampen. Ein weitere
5 Anwendungsgebiet sind beispielsweise Metallhalogenidlampen. Ein weiteres Anwendungsgebiet sind Metallhalogenidlampen ohne Quecksilber.

Stand der Technik

Aus der DE-PS 976 223 ist bereits eine Elektrode für eine Hochdruckentladungslampe mit Metalldampffüllung bekannt, die eine durchgängige Bohrung verwendet. Diese Bohrung ist im wesentlichen axial angeordnet. Sie dient der Stabilisierung von
10 edelgashaltigen Hochdruckentladungslampen, indem sie die Bogenunruhe verringert. Bei diesen Lampen, die keine schwer verdampfbaren Metalle wie Quecksilber und Natrium enthalten sondern in Gasform vorliegende Edelgase, ist die sofortige Zündbarkeit charakteristisch. Es müssen also keine Einbrennvorgänge und zündverbessernde Maßnahmen ergriffen werden.

Darstellung der Erfindung

15 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Elektrode gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, bei der durch einfache Maßnahmen die Zündwilligkeit metalldampfhaltiger Lampen verbessert wird.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

- 2 -

Eine weitere Aufgabe ist die Bereitstellung einer Lampe mit einer derartigen Elektrode und die Angabe eines einfachen Herstellverfahrens für eine derartige Elektrode.

5 Diese Aufgaben werden durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 15 bzw. 16 gelöst.

Üblicherweise werden Elektroden für metaldampfhaltige Entladungslampen zur Verbesserung der Zündung mit Wendeln am Kopfteil ausgestattet. Eine bekannte Alternative dazu ist ein Kugelkopf oder Zylinderkopf. Diese Maßnahmen dienen dazu, die Zündung und Bogenübernahme zu verbessern. Allerdings ist es aufwendig, 10 kleine Elektroden mit einer Wendel zu bestücken oder mit einem Kugelkopf zu versehen. Der Kugelkopf schmilzt auf und führt zu unerwünschten Strukturveränderungen. Beide Techniken erfordern mindestens einen zusätzlichen Verfahrensschritt.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass eine oder mehrere Bohrungen im Bereich des Kopfteils einer Elektrode das gleiche leistet. Dies bietet die Grundlage für eine erhebliche Vereinfachung der Elektrodenherstellung, insbesondere ermöglicht sie die optimale Formgebung bei miniaturisierten Elektroden für kleine Leistung im Bereich 20 bis 100 W. besonders einfach wird die Elektrodengestaltung jetzt dadurch, dass ein Stift mit konstantem Durchmesser als Schaft mit integriertem Kopfteil verwendet werden kann. Bisher scheiterte diese Vereinfachung immer daran, dass der Bogenansatz in diesem Fall auf der Elektrode hin- und herwandert und bei einseitig gequetschten Lampen sogar zur Quetschung wandert, was zur Zerstörung der Lampe führt. 20

Das Grundprinzip der Bohrung besteht darin, dass ein Hohlkathodeneffekt erzielt wird, indem die Bohrungen einen Vorionisierungsraum für die Zündung bieten. Bevorzugt liegt das Volumen dieses Raums zwischen 0,02 und 2 mm³. Das führt beim Start der Lampe zu einer niedrigeren Glimmspannung, die letztlich zwei Vorteile vermittelt. Erstens wird das Abspattern von Material der Elektrode, üblicherweise Wolfram allein oder zumindest überwiegend als Hauptkomponente einer Legierung verringert. Letztlich wird damit die Schwärzung verringert und somit die Lumen-Maintenance verbessert. Zweitens wird ein höherer Glimmstrom erzielt. Dies führt zu schnellerer Aufheizung der Elektrode. Insbesondere wenn beide Elektroden mit 30

einer derartigen Bohrung ausgestattet sind, führt dies zu einem schnelleren Lampenstart. Der Glimm-Bogen-Übergang wird erleichtert.

Ein besonders erwünschter Effekt der Bohrungen ist, dass sie eine gewisse thermische Isolierung der Spitze bewirken. Dadurch heizen sich die Elektroden schneller auf, was den Lampenstart beschleunigt. Hinzu kommt im Betrieb ein geringerer Wärmeverlust durch Wärmeleitung.

Für ein optimales Ergebnis muss daher ein Kompromiss zwischen der Anforderung der Vorionisierung und der Anforderung der Wärmeisolierung gefunden werden.

Als Basismaterial für die Herstellung der Elektrode kann u.U. auch ein anderes hochschmelzendes Metall außer Wolfram, nämlich Tantal, Rhenium oder eine Legierung oder ein Carbid dieser Metalle oder auch mit einem Anteil von 50 bis 20 Gew.-% neben Wolfram, verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Elektrode kann sowohl in allen keramischen als auch in glasgefertigten Entladungsgefäßen für Hochdruckentladungslampen verwendet werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Entladungsgefäß einseitig oder zweiseitig verschlossen ist. Im Falle einer einseitigen Quetschung ist die Elektrode abgebogen, wobei die Bohrung sich im abgebogenen Kopfteil befindet. Die Elektrode wird im Entladungsgefäß durch ihren Schaft gehalten, beispielsweise durch eine Durchföhrung, die Teil des Schaftes oder daran angesetzt ist, wobei diese Durchföhrung in einer keramischen Kapillare abgedichtet ist, wie an sich bekannt, oder in einer Quetschung oder Einschmelzung.

Ein einfache Fertigung der Elektrode ist möglich, wenn die Bohrung durch mechanische oder elektrische Wirkung erzielt wird. Besonders bevorzugt ist die Herstellung der Elektrode mit kurzen Laserpulsen hoher Energiedichte von höchstens 10 µs Dauer, bevorzugt von höchstens 2 µs Dauer, wobei die Laserparameter so eingestellt werden, dass keine Schmelzphase erzeugt wird, sondern das Wolfram direkt aus dem Loch sublimiert. Ein typischer Durchmesser einer Bohrung ist 200 µm, ein typischer Durchmesser des Stifts ist 0,5 bis 5 mm, abhängig von der Wattage die typisch 20 bis 400 W beträgt, mit besonderen Vorteilen für kleine Wattagen im Bereich 20 bis 75 W.

- 4 -

Im Bereich des Kopfteils ist mindestens eine Bohrung im wesentlichen quer zur Längsachse, insbesondere in einem Winkel von 60 bis 90 ° zur Längsachse, angeordnet ist. Bevorzugt werden ein bis drei Bohrungen verwendet.

- 5 Schaft und Kopfteil können vorteilhaft einen einheitlichen, vorgegebenen Durchmesser D des Stifts aufweisen. Wesentlich ist aber der Durchmesser des Kopfteils, der Unter Umständen größer als der des Schafts sein kann, so dass das Kopfteil einen gegenüber dem Schaft (Durchmesser D1) überstehenden Durchmesser D2 besitzt.

Die Bohrung kann durchgehend oder als Sackloch ausgebildet sein.

- 10 Das Kopfteil sollte bevorzugt höchstens drei Bohrungen enthalten, die insbesondere gleichmäßig um den Umfang des Kopfteils verteilt sind.

Zur Erläuterung der bevorzugten Dimensionierung sei festgelegt, dass die Bohrung einen maximalen Durchmesser B besitzt. Dieser muss nicht exakt konstant sein.

- 15 Häufig ist der maximale Durchmesser im Falle mehrerer Bohrungen in etwa gleich. Außerdem sind die Bohrungen bevorzugt geradlinig, sie können aber auch gekrümmt sein. Für eine Optimierung des Wärmehaushalts sind Bohrungen mit unterschiedlichem Durchmesser oder eine Bohrung mit variablem Durchmesser möglich.

- 20 Im Falle mehrerer Bohrungen können diese vorteilhaft im wesentlichen in einer Ebene liegen. Dies hat den Vorteil, dass die mehreren Bohrungen miteinander in Verbindung stehen können, so dass die Wirkung als Ionisierungsraum verbessert werden kann. Im Falle der Realisierung der Bohrung als Sackloch sollten die Sacklöcher bevorzugt eine Tiefe von mindestens 50 % von D aufweisen, höchstens 80 %.

- 25 Im Falle eines einfachen Stifts, der besondere Vorteile durch Wegfall weiterer Bearbeitung bietet, empfiehlt sich, dass die Spitze des Kopfteils abgerundet ist. Dies kann am einfachsten durch Rommeln der Stifte erzielt werden. Damit wird ein Absputtern von Graten und Kanten verhindert, was im Zusammenwirken mit der Bohrung die Lebensdauer weiter verbessert, insbesondere bei kleinen Wattagen von 20 bis 150 W.

- 5 -

Wenn der Abstand der Bohrung (Mitte der Bohrung) von der Spitze der Elektrode mit A bezeichnet wird, soll vorteilhaft das Verhältnis A/D im Bereich zwischen 1 und 6 (Endwerte einschließlich) liegen. Besonders effektiv wirkt eine Bohrung, bei der das Verhältnis zwischen dem Durchmesser B der Bohrung und dem Durchmesser D des Kopfteils zwischen 0,05 und 0,3 (Endwerte einschließlich) liegt.

Eine typische Lampe mit mindestens einer Elektrode mit Bohrung weist zumindest ein Entladungsgefäß aufweist, das Metaldampf enthält, insbesondere Quecksilber und/oder Natrium, wobei das Entladungsgefäß aus Glass oder Keramik gefertigt ist. bevorzugt handelt es sich relativ niederwattige Lampen mit einer Leistung von höchstens 400 W.

Das bevorzugte Herstellverfahren zur Herstellung einer Elektrode aus Wolfram, wobei die Elektrode ein stiftförmiges Kopfteil mit einer Längsachse besitzt, beruht darauf, dass eine Bohrung im wesentlichen quer zur Längsachse durch kurze Laserpulse von maximal 1 μ s Dauer erzeugt wird. Als Laser wird ein gepulster Neodym-YAG-Laser verwendet. Dessen Energie wird so fokussiert, dass sie über der zur Sublimation von Wolfram nötigen Energiedichte liegt. Die Repetitionsrate liegt über einem kHz.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden soll die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

- Figur 1 eine Hochdruckentladungslampe, in Seitenansicht;
- Figur 2 eine weitere Hochdruckentladungslampe, im Schnitt;
- Figur 3 eine Elektrode für die Lampe der Figur 1, im Schnitt;
- Figur 4 bis 11 weitere Ausführungsbeispiele von Elektroden.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

In Figur 1 ist eine Metallhalogenidlampe 1 mit einer Leistung von 35 W gezeigt mit einem einseitig verschlossenen Entladungsgefäß 2 aus Quarzglas. Die Elektroden 3

sind mittels einer Quetschung 4 abgedichtet, wobei die Elektroden 3 aus W gefertigt sind und im Innern des Entladungsgefäßes einen Schaft 5 besitzen, an dem ein zylindrischer Kopf 6 seitlich ansetzt. Zwischen dessen Spitzen bildet sich die Entladung aus. Der zylindrische Kopf 6 ist mit einer quer zur Längsachse des Kopfs liegenden Bohrung versehen, siehe auch Figur 11. Es genügt insbesondere auch,
5 wenn die Elektrode 3 überwiegend, also zu mehr als 50 % aus W gefertigt ist, der Rest kann beispielsweise Rhenium sein. Die Füllung enthält Quecksilber und Halogenide des Natriums, Sn, Tl, Tm etc. Die Füllung kann auch überwiegend nur Quecksilber oder Natriumdampf enthalten. Auf die genaue Füllung kommt es nicht
10 an.

Figur 2 zeigt eine Metallhalogenidlampe 10 mit zweiseitig verschlossenem keramischem Entladungsgefäß 11 mit einer Leistung von 150 W. Die Elektroden 12 bestehen aus Stiften 13, die durchgängig einen konstanten Durchmesser besitzen. Er beträgt 300 µm. In einem Abstand von 2 mm von der Spitze ist eine Bohrung von
15 150 µm Durchmesser quer zur Längsachse der Elektrode angebracht, siehe Figur 3.

Fig. 3 zeigt eine Elektrode für die Lampe in Figur 2 im Detail. Sie besitzt einen durchgehenden Stift 13 mit einem Durchmesser D. Im Abstand A von der Spitze des Stifts ist eine Bohrung 14 quer zur Längsachse L angebracht. Sie sitzt zentral in bezug auf die Querachse und hat einen Durchmesser B. Bevorzugte Dimensionen
20 sind Verhältnisse B/D von 0,05 bis 0,30. Bevorzugte Verhältnisse A/D sind 1 bis 6.

In Figur 4 ist eine Elektrode 13 gezeigt mit zwei Bohrungen 15, 16, die in einer Ebene quer zur Längsachse L um 90 ° gegeneinander versetzt sind. Beide Bohrungen sind durchgängig, so dass sie im Mittelpunkt miteinander in Verbindung stehen, siehe Figur 4A. die Elektrode 13 ist an ihrem Kopf 38 spitz zulaufend.

25 In Figur 5 ist eine Elektrode 13 gezeigt mit zwei Bohrungen 17, 18, die in verschiedenen Ebenen um 90 ° gegeneinander versetzt angeordnet sind. Beide Bohrungen sind durchgängig und haben denselben Durchmesser, siehe Figur 5A und 5B.

In Figur 6 ist eine Elektrode 13 gezeigt mit zwei Bohrungen 20, 21, die in einer Ebene quer zur Längsachse L um 90 ° gegeneinander versetzt sind. Beide Bohrungen
30 sind als Sacklöcher konzipiert, die aber im Mittelpunkt miteinander in Verbindung stehen, siehe Figur 6A.

In Figur 7 ist eine Elektrode 13 gezeigt mit einer Bohrung 22, die gegen die Längsachse L um 25 ° geneigt ist. Diese Version ist insbesondere für horizontale Brennlage anwendbar.

5 In Figur 8 ist eine Elektrode 13 gezeigt mit einem kurzen Sackloch 24, das vorteilhaft mindestens 50 %, bevorzugt etwa 65 %, der Tiefe des Durchmessers D besitzt. In diesem Fall ist dafür der Durchmesser B relativ groß zu wählen, um ausreichend Vorionisierungsraum bereitstellen zu können. B ist insbesondere im Bereich $0,8 D \leq B \leq 1,2 D$ zu wählen.

10 In Figur 9 ist eine Elektrode 25 gezeigt mit relativ großem Durchmesser D1 des Schaftes 26, wobei das Kopfteil 27 einen größeren Durchmesser D2 besitzt und insbesondere separat angesetzt ist und. Derartige Elektroden sind für relativ große Leistungen von 150 bis 400 W empfehlenswert. Das Kopfteil 27 besitzt zwei Bohrungen 28 und 29, die in verschiedenen Ebenen quer zur Längsachse L um 90 ° gegeneinander versetzt angeordnet sind. Beide Bohrungen sind durchgängig, haben aber verschiedenen Durchmesser B1 und B2, siehe Figur 9A und 9B.

15 In Figur 10 ist eine Elektrode 13 gezeigt mit einem kurzen Sackloch 30, das etwa 55 % Tiefe des Durchmessers D besitzt. In diesem Fall ist der Durchmesser B des Sacklochs von außen nach innen abnehmend, was fertigungstechnisch vorteilhaft ist.

20 In Figur 11 ist eine Elektrode 35 gezeigt für ein einseitig verschlossenes Entladungsgefäß, wobei hier der Schaft 36 quer zum Kopf 37 steht. Das zylindrische Kopfteil besitzt eine Spitze 38 und eine Bohrung 39. Deren Durchmesser B ist relativ klein zu wählen verglichen mit dem Durchmesser D2 des Kopfteils, da es hier nur dazu dient, um ausreichend Vorionisierungsraum bereitstellen zu können. Die hohe Wärmekapazität wird durch den großen Durchmesser D2 des Kopfteils relativ zum Durchmesser des Schafts D1 bereits sichergestellt.

25 Die Herstellung derartiger Elektroden erfolgt durch Anwendung kurzer Laserpulse beispielsweise von 5 µs Dauer, oft auch kürzer. Der Laserstrahl wird insbesondere fokussiert mittels Linsen. Bevorzugt ist er gepulst mit hoher Repetitionsrate von beispielsweise 3 kHz oder mehr. Die Fokussierung soll bevorzugt so erfolgen, dass die Energiedichte des fokussierten Laserstrahls über der zur Sublimation des Materials der Elektrode notwendigen Energiedichte liegt.

Ansprüche

1. Elektrode (35) für metaldampfhaltige Entladungslampen aus hochschmelzendem, elektrisch leitendem Material, bevorzugt aus Wolfram oder überwiegend Wolfram enthaltend, bestehend aus einem Schaft (36) und einem stiftförmigen Kopfteil (37), der eine Längsachse L definiert, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Kopfteils (37) mindestens eine Bohrung (39) im wesentlichen quer zur Längsachse, insbesondere in einem Winkel von 60 bis 90 ° zur Längsachse, angeordnet ist.
2. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Schaft und Kopfteil einen einheitlichen, vorgegebenen Durchmesser D des Stifts aufweisen.
3. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kopfteil einen gegenüber dem Schaft überstehenden Durchmesser D2 besitzt.
4. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung durchgehend oder als Sackloch ausgebildet ist.
5. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kopfteil höchstens drei Bohrungen enthält.
6. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Bohrung variiert, wobei die Bohrung einen maximalen Durchmesser B besitzt.
7. Elektrode nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Durchmesser im Falle mehrerer Bohrungen jeweils in etwa gleich groß ist.
8. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung geradlinig ist.
9. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Bohrungen in einer Ebene liegen.
10. Elektrode nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Bohrungen miteinander in Verbindung stehen.
11. Elektrode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Sacklöcher eine Tiefe von mindestens 50 % von D aufweist.

- 9 -

12. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spitze (7) des Kopf-
teils abgerundet ist.
13. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand der Boh-
rung (Mitte der Bohrung) von der Spitze mit A bezeichnet wird, wobei das Verhältnis
5 A/D im Bereich zwischen 1 und 6 (Endwerte einschließlich) liegt.
14. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis zwischen
dem Durchmesser B der Bohrung und dem Durchmesser D des Kopfteils zwischen
0,05 und 0,3 (Endwerte einschließlich) liegt.
15. Lampe mit mindestens einer Elektrode nach Anspruch 1, wobei die Lampe ein Ent-
ladungsgefäß aufweist, das Metaldampf enthält, insbesondere Quecksilber
10 und/oder Natrium, wobei das Entladungsgefäß aus Glass oder Keramik gefertigt ist.
16. Verfahren zur Herstellung einer Elektrode, wobei die Elektrode ein stiftförmiges
Kopfteil mit einer Längsachse besitzt, dadurch gekennzeichnet, dass eine Bohrung
im wesentlichen quer zur Längsachse durch kurze Laserpulse von maximal 10 µs
15 Dauer erzeugt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl fokus-
siert wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Repetitionsrate der
Pulse bei mindestens 1 kHz liegt.
- 20 19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiedichte des
fokussierten Laserstrahls über der zur Sublimation des Materials der Elektrode nöti-
gen Energiedichte liegt.

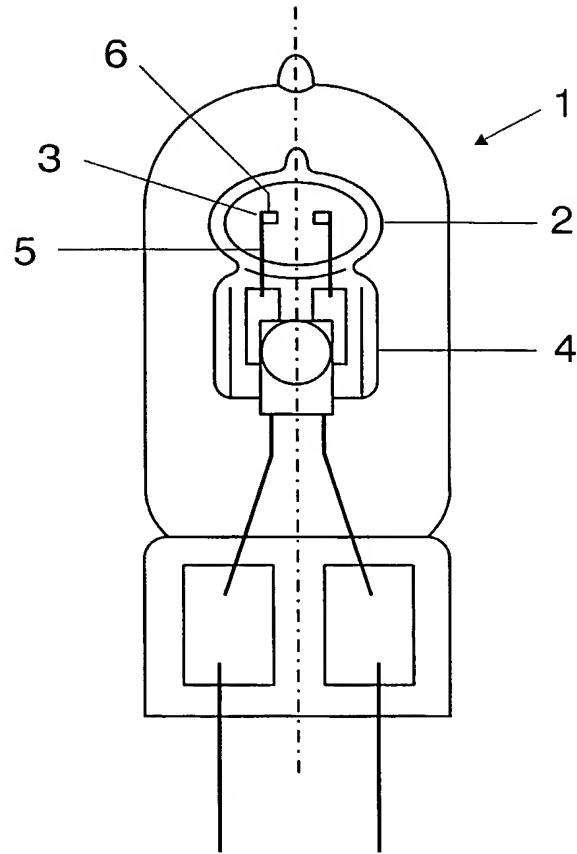


FIG 1

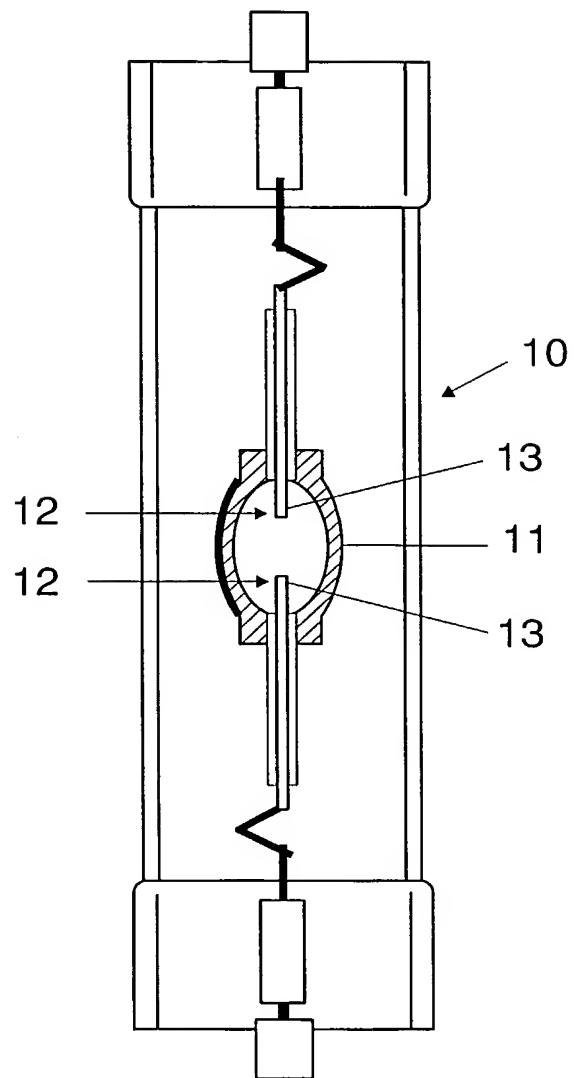


FIG 2

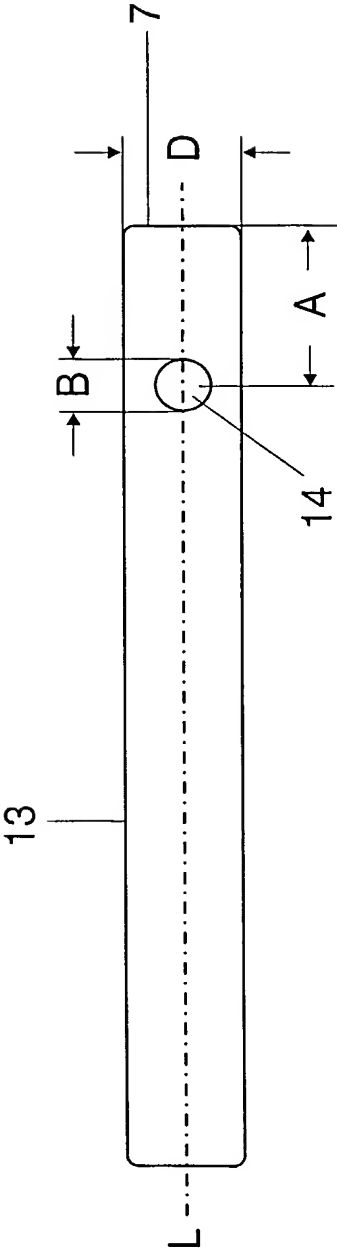


FIG 3

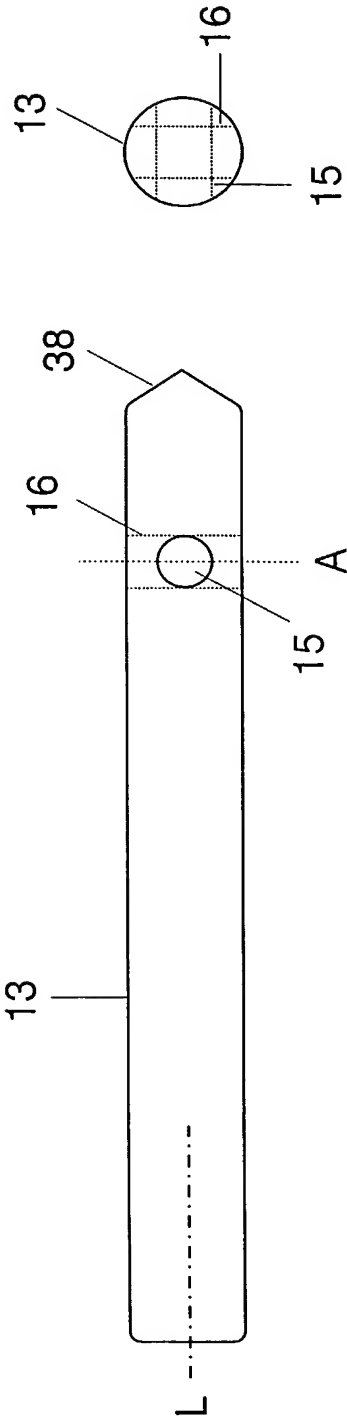


FIG 4A

FIG 4

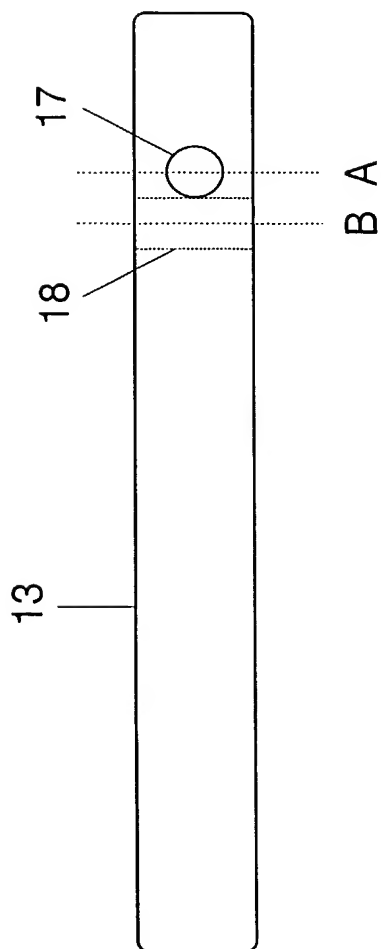


FIG 5

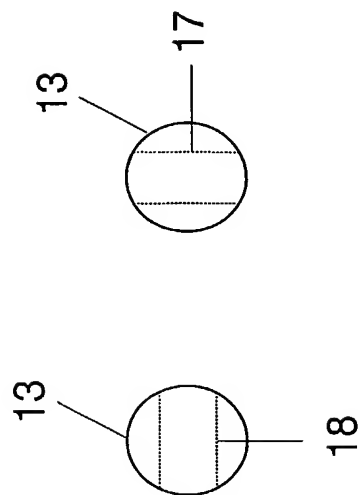


FIG 5A

FIG 5B

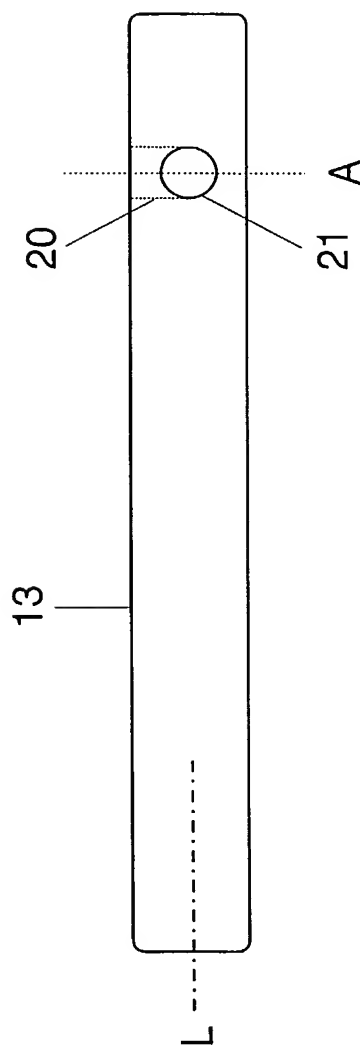


FIG 6

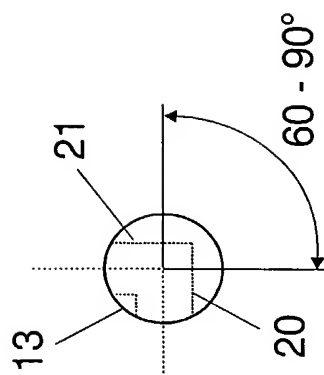


FIG 6A

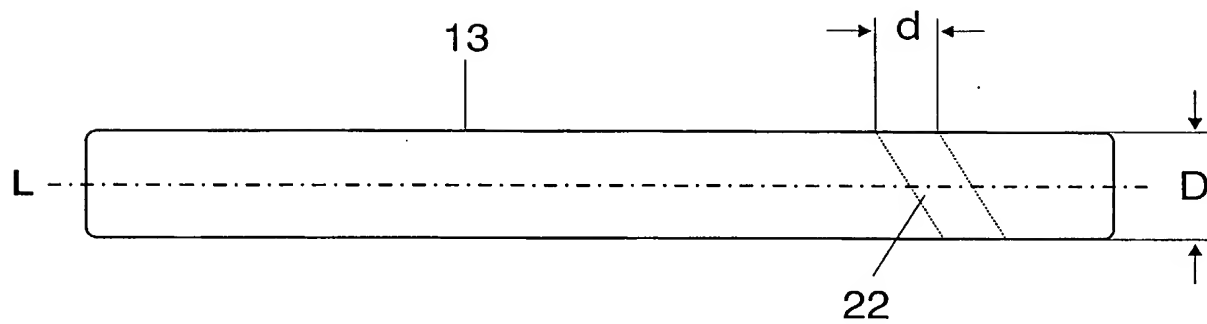


FIG 7

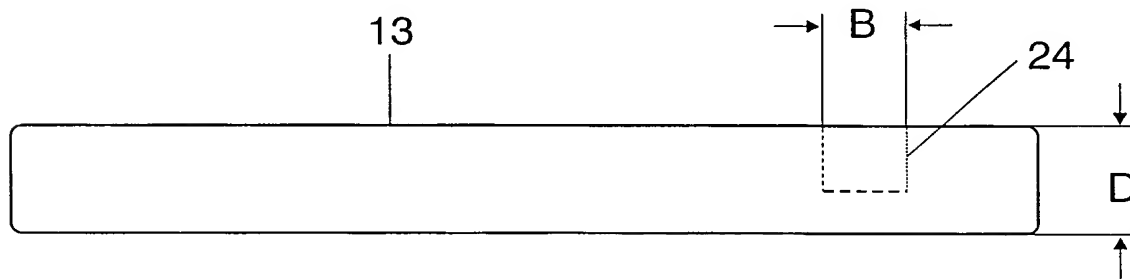


FIG 8

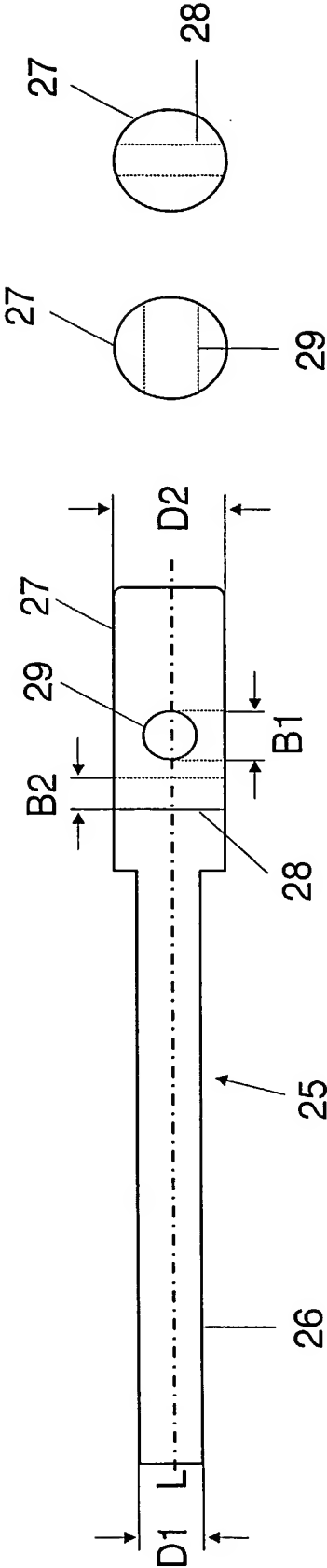


FIG 9

FIG 9A FIG 9B

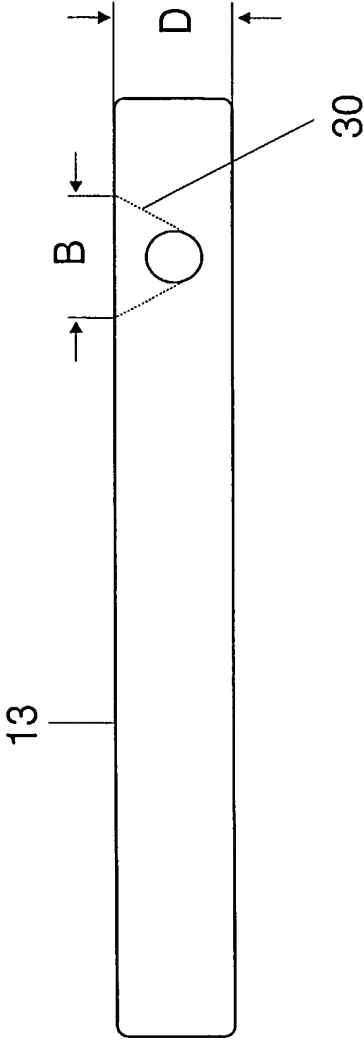
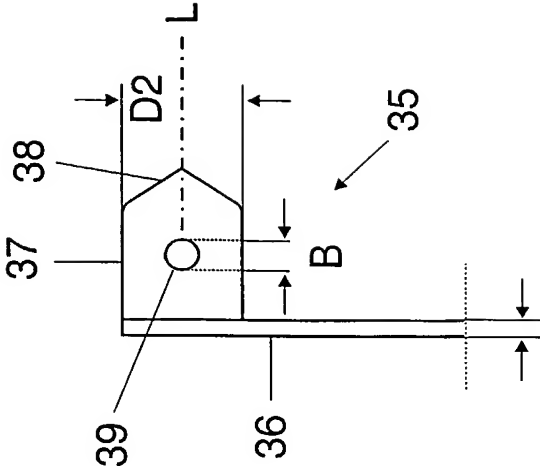


FIG 10



D1 FIG 11